Standar Nasional Indonesia

SNI 03-1732-1989

Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metoda analisa komponen

ICS 67.080.10

Badan Standardisasi Nasional BSN

Daftar isi

Kata pengantar

Kita semua menyadari dan mengetahui, betapa pesatnya ilmu pengetahuan berkembang dan betapa cepatnya teknologi konstruksi melaju.

Kitapun bersepakat bahwa kasus demikian memerlukan tindak lanjut dengan upaya penyesuaian standar-standar konstruksi bangunan yang berlaku di seluruh Indonesia. Dengan demikian, maka akan terwujudlah pembinaan Dunia Usaha Jasa Konstruksi Indonesia.

Dalam hubungan itu maka Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum ingin membantu menyebar luaskan buku-buku SKBI (Standar Konstruksi Bangunan Indonesia), yang telah disahkan dengan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum 378/KPTS/1987.

Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum dengan ini menyampaikan ucapan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan P.U./Ketua Pantap SKBI, yang dengan Surat no. UM 0101-KL/222, 3 - Oktober 1987 telah memberi izin kepada Yayasan Badan Penerbit P.U. untuk menerbitkan Berta menyebarluaskan buku-buku SKBI tersebut.

Semoga usaha Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum menyebarluaskan buku-buku SKBI ini dapat diambil kegunaannya oleh khalayak ramai, terutama bagi mereka yang ber-kepentingan.

Jakarta : 7 - Oktober 1987

Penerbit,

REPUBLIK INDONESIA
MENTERI PEKERJAAN UMUM

KEPUTUSAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
NOMOR : 378/KPTS/1987

TENTANG
PENGESAHAN 33 STANDAR KONSTRUKSI
BANGUNAN INDONESIA

Menteri Pekerjaan Umum,

Menimbang :

a. bahwa pada hakekatnya Standar Konstruksi Bangunan memuat ketentuan-ketentuan teknis konstruksi yang dibakukan dan disusun berdasarkan konsensus semua pihak dengan memperhatikan syarat-syarat kesehatan, keselamatan, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta berdasarkan pengalaman perkembangan masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besamya bagi kepentingan umum;
b. bahwa kepesatan perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknoiogi konstruksi, perlu ditindak lanjuti dengan upaya penyesuaian standar-standar konstruksi bangunan yang berlaku di Indonesia sebagai salah satu wujud pembinaan Dunia Usaha Jasa Konstruksi;
c. bahwa untuk terlaksana maksud tersebut di atas, perlu adanya Keputusan Menteri. Pekerjaan Umum mengenai pengesahan Standar Konstruksi Bangunan Indonesia (SKBI) yang dapat memedomani unsur aparatur Departemen Pekerjaan Umum dan unsur masyarakat yang berkepentingan dengan proses perencanaan dan pelaksanaan konstruksi.

1. Keputusan Presiden RI No. 44 Tahun 1974;
2. Keputusan Presiden RI No. 45/M Tahun 1983;
3. Keputusan Presiden RI No. 15 Tahun 1984;
4. Keputusan Presiden RI No. 20 Tahun 1984;
5. Keputusan Menteri PU No. 211/KPTS/1984;
6. Keputusan Menteri PU No. 217/KPTS/1986;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI PEKERJAAN UMUM TENTANG PENGESAHAN 33 STANDAR KONSTRUKSI BANGUNAN INDONESIA

KE SATU : Mengesahkan 33 Standar Konstruksi Bangunan Indonesia yang selanjutnya disingkat SKBI berupa buku sebagaimana tercantum dalam daftar lampiran Keputusan Menteri ini dan merupakan bagian tak terpisahkan dari Ketetapan ini.

KE DUA : Buku SKBI berlaku bagi unsur aparatur pemerintah bidang peketjaan umum untuk digunakan dalam perjanjian kerja antar pihak-pihak yang bersangkutan dengan bidang konstruksi, sampai ditetapkannya Standar Nasional Indonesia Bidang Konstruksi.

KE TIGA : Buku SKBI disusun berdasarkan matriks hubungan antara Jenis Buku dan Urutan Tahap Pelaksanaan, Yaitu :

a. Jenis Buku, terdiri dari :

1. Pedoman;
2. Petunjuk;
3. Panduan;
4. Spesifikasi Produk;

b. Urutan Tahap Pelaksanaan merupakan urutan proses konstruksi, terdiri dari :

1. Perencanaan meliputi kegiatan :
   1.1. survai (S);
   1.2. investasi (I) :
   1.3. desain (D) :
2. Konstruksi (K):
3. Eksploatasi / Operasi (O);
4. Peemelihaaraan (P);

KE EMPAT : Menugaskan kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, untuk :

a. menyebar luaskan Buku SKBI;
b. mengawasi penerapan SKBI;
c. menampung saran penyempumaan SKBI.

KE LIMA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan diadakan perbaikan jika ada kesalahan-kesalahan dan disesuaikan sebagaimana mestinya.

TEMBUSAN Keputusan ini disampaikan kepada Yth. :

1. Sdr. Para Menteri Negara Kabinet Pembangunan IV;
2. Sdr. Ketua Dewan Standarisasi Nasional;
3. Sdr. Ketua Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia;
4. Distribusi A dan B Departemen Pekerjaan Umum;
5. Sdr. Kepala Kantor Wilayah Dep. PU seluruh Indonesia;
6. Sdr. Kepala Dinas PU Propinsi seluruh Indonesia;
7. Arsip.

Ditetapkan di : Jakarta.
Pada tanggal : 31 Agustus 1987.
MENTERI PEKERJAAN UMUM,

SUYONO SOSRODARSONO

SKBI - 2.3.26. 1987

UDC: 625.73 (02)

PETUNJUK

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR
JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA
KOMPONEN

Lampiran nomor 12

Keputusan Menteri Pekerjaan Umum

Nomor 378/KPTS/1987

Tanggal 31 Agustus 1987

Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metoda analisa komponen

1 Deskripsi

1.1 Maksud dan Tujuan

Perencanaan tebal perkerasan yang akan diuraikan dalam buku ini adalah merupakan dasar dalam menentukan tebal perkerasan lentur yang dibutuhkan untuk suatu jalan raya.
Yang dimaksud perkerasan lentur (flexible pavement) dalam perencanaan ini adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Interpretasi, evaluasi dan kesimpulan-kesimpulan yang akan dikembangkan dari basil penetapan ini, hams juga memperhitungkan penerapannya secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang di rencanakan itu adalah yang optimal.

1.2 Ruang Lingkup

Dasar-dasar perencanaan tebal perkerasan jalan ini meliputi uraian deskripsi, parameter perencanaan dan metoda pelaksanaan, contoh-contoh dan hasilhasil perencanaan.

1.3.Definisi, Singkatan dan Istilah.

1.3.1 Jalur rencana adalah salah satu jalur lalu lintas dari suatu sistim jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Umumnya jalur rencana adalah salah satu jalur dari jalan raya dua jalur tepi luar dari jalan raya berjalur banyak.
1.3.2 Umur Rencana (UR) adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru
1.3.3 Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.
1.3.4 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalulintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan.
1.3.5 Angka Ekivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb).
1.3.6 Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada permulaan umur rencana

1.3.7 Lintas Ekivalen Akhir (LEA) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 1b) pads jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir umur rencana.
1.3.8 Lintas Ekivalen Tengah (LET) adalah jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pads jalur rencana pada pertengahan umur rencana.
1.3.9 Lintas Ekivalen Rencana (LER) adalah suatu besaran yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb) pada jalur rencana.
1.3.10 Tanah Dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya
1.3.11 Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar.
1.3.12 Lapis Pondasi adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah).
1.3.13 Lapis Permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas.
1.3.14 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar.
1.3.15 Faktor Regional (FR) adalah faktor setempat, menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan,.daya dukung tanah dasar dan perkerasan.
1.3.16 Indek Tebal Perkerasan (ITP) adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan.
1.3.17 Lapis Aspal Beton (LASTON) adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
1.3.18 Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN) adalah merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka danseragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.
1.3.19 Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG) adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan di padatkan secara dingin.
1.3.20 Hot Rolled Asphalt (HRA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal 'keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
1.3.21 Laburan Aspal (BURAS) adalah merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 9,6 mm atau 3/8 inch.

1.3.22 Laburan Batu Satu Lapis (BURTU) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari

lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum 20 mm.

1.3.23 Laburan Batu Dua Lapis (BURDA) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.

1.3.24 Lapis Aspal Beton Pondasi Atas (LASTON ATAS) adalah merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu, dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

1.3.25 Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah (LASTON BAWAH) adalah pada umumnya merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan pada temperatur tertentu.

1.3.26 Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam 'keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal padat antara 25 sampai 30 mm.

1.3.27 Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Aspal Makadam adalah merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan/atau agregat, pengunci bergradasi terbuka atau seragam yang dicampur dengan aspal cair, diperam dan dipadatkan secara dingin.

1.4 Batas-Batas Penggunaan

Penentuan tebal perkerasan dengan cara yang akan diuraikan dalam buku ini hanya berlaku untuk konstruksi perkerasan yang menggunakan material berbutir, (granular material, batu pecah) dan tidak berlaku untuk konstruksi perkerasan yang menggunakan batu-batu besar (care Telford atau Pak laag).

Cara-cara tebal perkerasan jalan, selain yang diuraikan dalam Petunjuk ini dapat juga digunakan, asal saja dapat dipertanggung jawabkan berdasarkan hasil-hasil test oleh seorang ahli.

1.5 Penggunaan

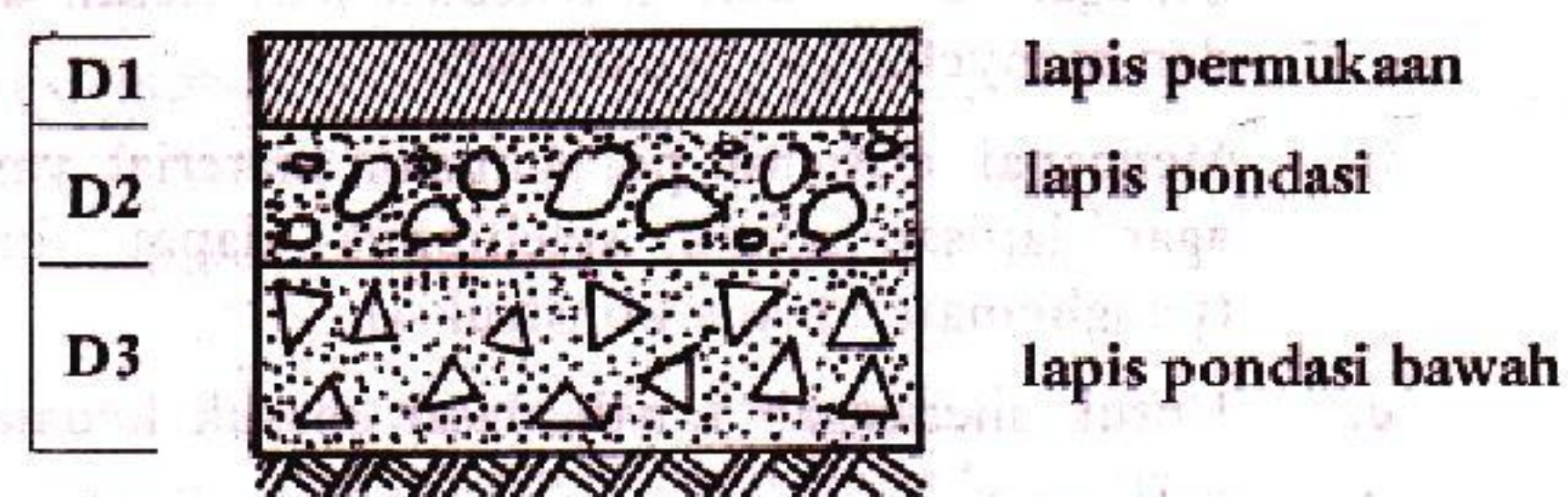
Petunjuk perencanaan ini dapat digunakan untuk :

- Perencanaan perkerasan jalan baru (New Construction/Full Depth Pavement).
- Perkuatan perkerasan jalan lama (Overlay).
- Konstruksi bertahap (Stage Construction).

Khusu untuk penentuan tebal perkuatan perkerasan jalan \ama, penggunaan nomogram 1

sampai dengan 9 (lampiran 1) hanya dapat dipergunakan untuk cara "Analisa Komponen Perkerasan".
Cara lain yaitu cara "Analisa Lendutan" telah dibahas dalam buku tersendiri, yaitu "Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam", NO. Ol/MN/B/1983.
Dalam menggunakan buku petunjuk perencanaan ini, penilaian terhadap perkuatan perkerasan lama harus terlebih dulu meneliti dan mempelajari hasilhasil laboratorium. Penilaian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab perencana, sesuai dengan kondisi setempat dan pengalamannya.

1.6 Perkerasan Jalan

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi : lapis pondasi bawah (sub base course), lapis pondasi (base course), dan lapis permukaan (surface course).

Gambar
Susunan Lapis Perkerasan Jalan

1.6.1 Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dad sifat-.sifat dan daya dukung tanah dasar.
Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berik

a. Perubahan bentuk tetap (defonnasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, ataun akibat pelaksanaan.
d. Lendutan dan lendutan batik selama dan sesudah pembebanan. lalu lintas dari macam tanah tertentu.
e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (granular soil) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan di atas maka tanah dasar hams dikerjakan sesuai dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir.

1.6.2 Lapis Pondasi Bawah.

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.

b. Mencapai efisie'nsi penggunaan material yang relatip' murah agar ' lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalhya (penghematan biaya konstruksi).

c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.

d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa hares segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Bermacam-macam tipe tanah setempat (CBR, 20%, PIS 10%) yang relatip lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan 'pondasi bawah.

Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

1.6.3 Lapis Pondasi.

Fungsi lapis pondasi antara lain :

a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda,

b. Sebagai peletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya hares cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Bermacam-macam bahan ala,m/bahan setempat (CBR 3 50%, Ply 4%) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

1.6.4 Lapis Permukaan.

Fungsi lapis permukaan antara lain :

a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.

b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.

c. Sebagai lapisan aus (wearing course).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamp"ing itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2 Parameter

2.1 Lalu Lintas

2.1.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C).

Jalur rencana merupakan salah'satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur di tentukan dari lebar perkerasan menurut daftar di bawah ini :

Daftar I

Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (n)
$L < 5,50$ m	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25$ m	2 jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25$ m	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00$ m	4 jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75$ m	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00$ m	6 jalur

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut daftar di bawah ini:

Daftar II

Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat**)	
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	–	0,30	–	0,45
5 jalur	–	0,25	–	0,425
6 jalur	–	0,20	–	0,40

*) berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.

**) berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailler, trailler.

2.1.2 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus daftar di bawah ini :

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam Kg.}}{8160}\right)^4$$

$$\text{Angka ekivalen sumbu ganda} = 0.086 \left(\frac{\text{beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160}\right)^4$$

Daftar III

Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	–
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

2.1.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus-rumus Lintas Ekivalen

a. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

b. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEP = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \times C_j \times E_j$$

Catatan : j = jenis kendaraan.

c. Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \, (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Catatan : i = perkembangan lalu lintas. j = jenis kendaraan.

d. Lintas Ekivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2}$$

e. Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus sebagai berikut : LER = LET x FP
   Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan Rumus : FP = UR/10.

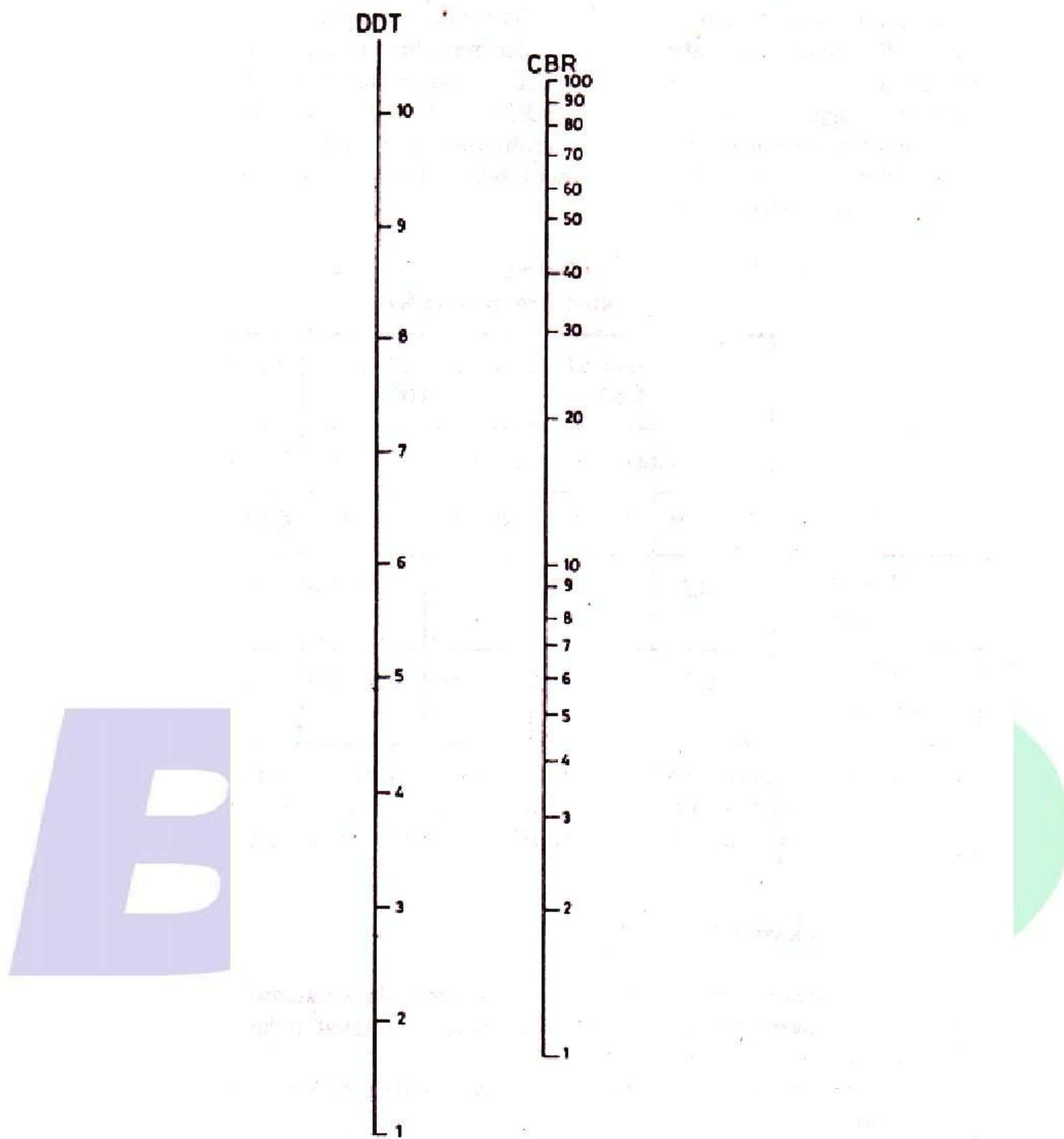
2.2 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (gambar 1). Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium.
Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (undisturb), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung di lapangan (musim hujan/direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (overlay). Jika dilakukan menurut Pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3. 30.1987/UDC. 624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI 3.3. 30.1987/UDC. 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan.
CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru. Sementara ini dianjurkan untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR. Cara-cara lain hanya digunakan bila telah disertai data-data yang dapat dipertanggung jawabkan. Cara-cara lain tersebut dapat berupa : Group Index, Plate Bearing Test atau R=value. Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan sebagai berikut :

a. Tentukan harga CBR terendah.
b. Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%.
d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90% (lihat perhitungan pada contoh lampiran 2).

2.3 Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat % 13 ton, dan kendaraan yang

berhenti, sedangkan keadaan iklim men.cakup curah hujan rata-rata per tahun.

Gambar 1
KORELASI DDT DAN CBR

Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri diperoleh nilai DDT.

13 a.

Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut :

Daftar IV
Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6%)		Kelandaian II (6–10%)		Kelandaian III (> 10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th.	0,5	1,0–1,5	1,0	1,5–2,0	1,5	2,0–2,5
Iklim II > 900 mm/th.	1,5	2,0–2,5	2,0	2,5–3,0	2,5	3,0–3,5

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

2.4 Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalulintas yang lewat.
Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini :

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
IP = 1,5 : adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
IP = 2,0 : adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap
IP = 2,5 : adalah menyatakan permukaan jalan masih eukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER), menurut daftar di bawah ini :

Daftar V
Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1,0–1,5	1,5	1,5–2,0	–
10 – 100	1.5	1,5–2,0	2,0	–
100 – 1000	1,5–2,0	2,0	2,0–2,5	–
> 1000	–	2,0–2,5	2,5	2,5

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan : Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT/Jalan Murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut daftar VI di bawah ini :

Daftar VI

Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4 3,9 – 3,5	≤ 1000 > 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5 3,4 – 3,0	≤ 2000 > 2000
HRA	3,9 – 3,5 3,4 – 3,0	≤ 2000 > 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0 2,9 – 2,5	≤ 3000 > 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

*) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan kendaraan ± 32 km per jam.

Gerakan sumbu belakang dalam arah vertikal dipindahkan pada alat roughometer melalui kabel yang dipasang ditengahtengah sumbu belakang kendaraan, yang selanjutnya dipindahkan kepada counter melalui "flexible drive".

Setiap putaran counter adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu belakang dan body kendaraan. Alat pengukur roughness type lain dapat digunakan dengan mengkalibrasikan hasil yang diperoleh terhadap roughometer NAASRA.

2.5 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Jika alat Marshall Test tidak tersedia, maka kekuatan (stabilitas) bahan beraspal bisa diukur dengan cara lain seperti Hveem Test, Hubbard Field, dan Smith Triaxial.

Daftar VII
Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg	Kt (kg/cm)	CBR(%)	
0,40	–	–	744	–	–	Laston
0,35	–	–	590	–	–	
0,32	–	–	454	–	–	
0,30	–	–	340	–	–	
0,35	–	–	744	–	–	Lasbutag
0,31	–	–	590	–	–	
0,28	–	–	454	–	–	
0,26	–	–	340	–	–	
0,30	–	–	340	–	–	H RA
0,26	–	–	340	–	–	Aspal Macadam
0,25	–	–	–	–	–	Lapen (mekanis)
0,20	–	–	–	–	–	Lapen (manual)
–	0,28	–	590	–	–	Laston Atas
–	0,26	–	454	–	–	
–	0,24	–	340	–	–	
–	0,23	–	–	–	–	Lapen (mekanis)
–	0,19	–	–	–	–	Lapen (manual)
–	0,15	–	–	22	–	Stab.tanah dengan semen
–	0,13	–	–	18	–	

Lanjutan Daftar VII.
Koefisien Kekuatan Relatif (a).

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg	Kt (kg/cm)	CBR(%)	
–	0,15	–	–	22	–	Stab.tanah dengan kapur
–	0,13	–	–	18	–	
–	0,14	–	–	–	100	Batu pecah (kelas A)
–	0,13	–	–	–	80	Batu pecah (kelas B)
–	0,12	–	–	–	60	Batu pecah (kelas C)
–	–	0,13	–	–	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
–	–	0,12	–	–	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
–	–	0,11	–	–	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
–	–	0,10	–	–	20	Tanah/lempung kepasiran

Catatan : Kuat tekan stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke 7. Kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke 21.

2.6 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Daftar VIII
Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

1. Lapis Permukaan :

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag Laston.
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Laebutag Laston.
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston.
≥ 10,00	10	Laston

Lanjutan Daftar VHI

2. Lapis Pondasi :

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur,
	10	Laston Atas.
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam.
	15	Laston Atas.
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.

*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis Pondasi Bawah :

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.7 Pelapisan Tambahan

Untuk perhitungan pelapisan tambahan (overlay), kondisi perkerasan jalan lama (existing pavement) dinilai sesuai daftar di bawah ini :

Daftar IX
Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Kondisi	Nilai
1. Lapis Permukaan :	
Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda	90 – 100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil	70 – 90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidak stabilan	30 – 50%
2. Lapis Pondasi :	
a. Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam.	
Umumnya tidak retak	90 – 100%
Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70 – 90%
Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50 – 70%
Retak banyak, menunjukkan gejala ketidak stabilan	30 – 50%
b. Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur :	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 10	70 – 100%
c. Pondasi Macadam atau Batu Pecah :	
Indek Plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	80 – 100%
3. Lapis Pondasi Bawah :	
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) ≤ 6	90 – 100%
Indek plastisitas (Plasticity Index = PI) > 6	70 – 90%

2.8 Konstruksi Bertahap

Konstruksi bertahap digunakan pada keadaan tertentu, antara lain :

1. Keterbatasan biaya untuk pembuatan tebal perkerasan sesuai rencana (misalnya : 20 tahun). Perkerasan dapat direncanakan dalam dua tahap, misalnya tahap pertama untuk 5 tahun, dan tahap berikutnya untuk 15 tahun.
2. Kesulitan dalam memperkirakan perkembangan lalu lintas untuk jangka panjang (misalnya : 20 sampai 25 tahun). Dengan adanya pentahapari, perkiraan lalu lintas diharapkan tidak jauh meleset.
3. Kerusakan setempat (weak spots) selama tahap pertama dapat di perbaiki dan direncanakan kembali sesuai data lalu lintas yang ada.

III Pelaksanaan

3.1 Analisa Komponen Perkerasan

Perhitungan perencanaan ini didasarkan pada kekuatan relatip masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang, dimana penentuan tebal perkerasan di nyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan), dengan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatip bahan perkerasan (daftar VII)

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1, 2 dan 3 : masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

3.2 Metoda Konstruksi Bertahap

Metoda perencanaan konstruksi bertahap didasarkan atas konsep "sisa umur". Perkerasan berikutnya direncanakan sebelum perkerasan pertama mencapai keseluruhan "masa fatique". Untuk itu tahap kedua diterapkan bila jumlah kerusakan (cumulative damage) pada tahap pertama sudah mencapai k.l. 60%. Dengan demikian "sisa umur" tahap pertama tinggal k.l. 40%.

Untuk menetapkan ketentuan di atas maka perlu dipilih waktu tahap pertama antara 25% — 50% dari waktu keseluruhan. Misalnya : UR = 20 tahun, maka tahap I antara 5 — 10 tahun dan tahap II antara 10 — 15 tahun.

Perumusan konsep "sisa umur" ini dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Jika pada akhir tahap I tidak ada sisa umur (sudah mencapai fatique, misalnya timbul retak), maka tebal perkerasan tahap I didapat dengan memasukkan lalu lintas sebesar LER_1.

b. Jika pada akhir tahap II diinginkan adanya sisa umur k.1. 40% maka perkerasan tahap I perlu ditebalkan dengan meamsukkan lalu lintas sebesar x LER_1.

c. Dengan anggapan sisa umur linear dengan sisa lalu lintas, maka :
   x LER_1 = LER_1 + 40% x LER_1
   (tahap I plus)(tahap I)(sisa tahap I) diperoleh x = 1,67.

d. Jika pada akhir tahap I tidak ada sisa umur maka tebal perkerasan tahap II didapat dengan memasukkan lalu lir tas sebesar LER_2.

e. Tebal perkerasan tahap I + II didapat dengan memasukkan lalu lintas sebesar y LER_2. Karena 60% y LER_2 sudah dipakai pada tahap I maka :
   y LER_2 = 60% y LER_2 + LER_2
   (tahap I+II) (tahap I) (tahap II) diperoleh y = 2,5.

f. Tebal perkerasan tahap II diperoleh dengan mengurangkan tebal perkerasan tahap I + II (lalu lintas y LER_2) terhadap tebal perkerasan I (lalu lintas x LER_1).

g. Dengan demikian pada tahap II diperkirakan ITP2 dengan rumus:

$$ITP_2 = ITP - ITP_1$$

ITP didapat dari nomogram dengan LER = 2,5 LER_2.
ITP_1 didapat dari nomogram dengan LER = 1,67 LER_1

3.3 Contoh Penggunaan Perencanaan

3.3.1 Perencanaan Perkerasan Jalan Baru**.**

A. Lalu Lintas Rendah.
Lihat contoh perhitungan, lampiran 3.

.Lalu Lintas Tinggi
Lihat contoh perhitungan, lampiran 4.

3.3.2 Perencanaan Perkuatan Jalan Lama.

(Pelapisan Tambahan atau Overlay). Lihat contoh perhitungan, lampiran 5

3.3.3 Perencanaan Konstruksi Bertahap. Lihat contoh perhitungan, lampiran 6.

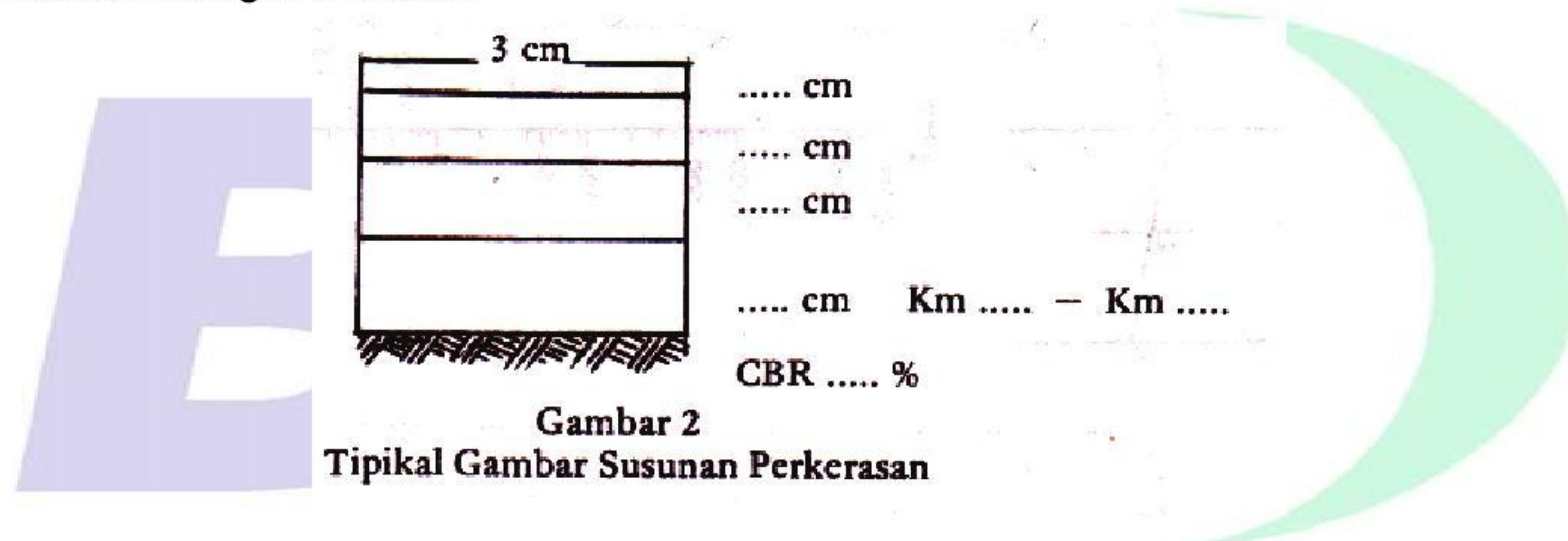
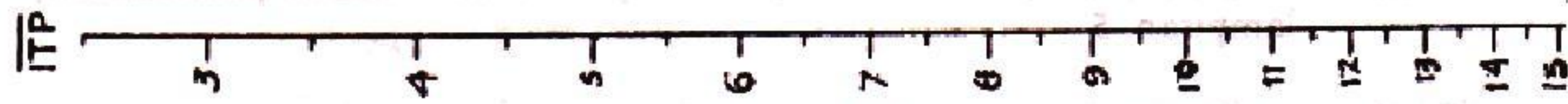
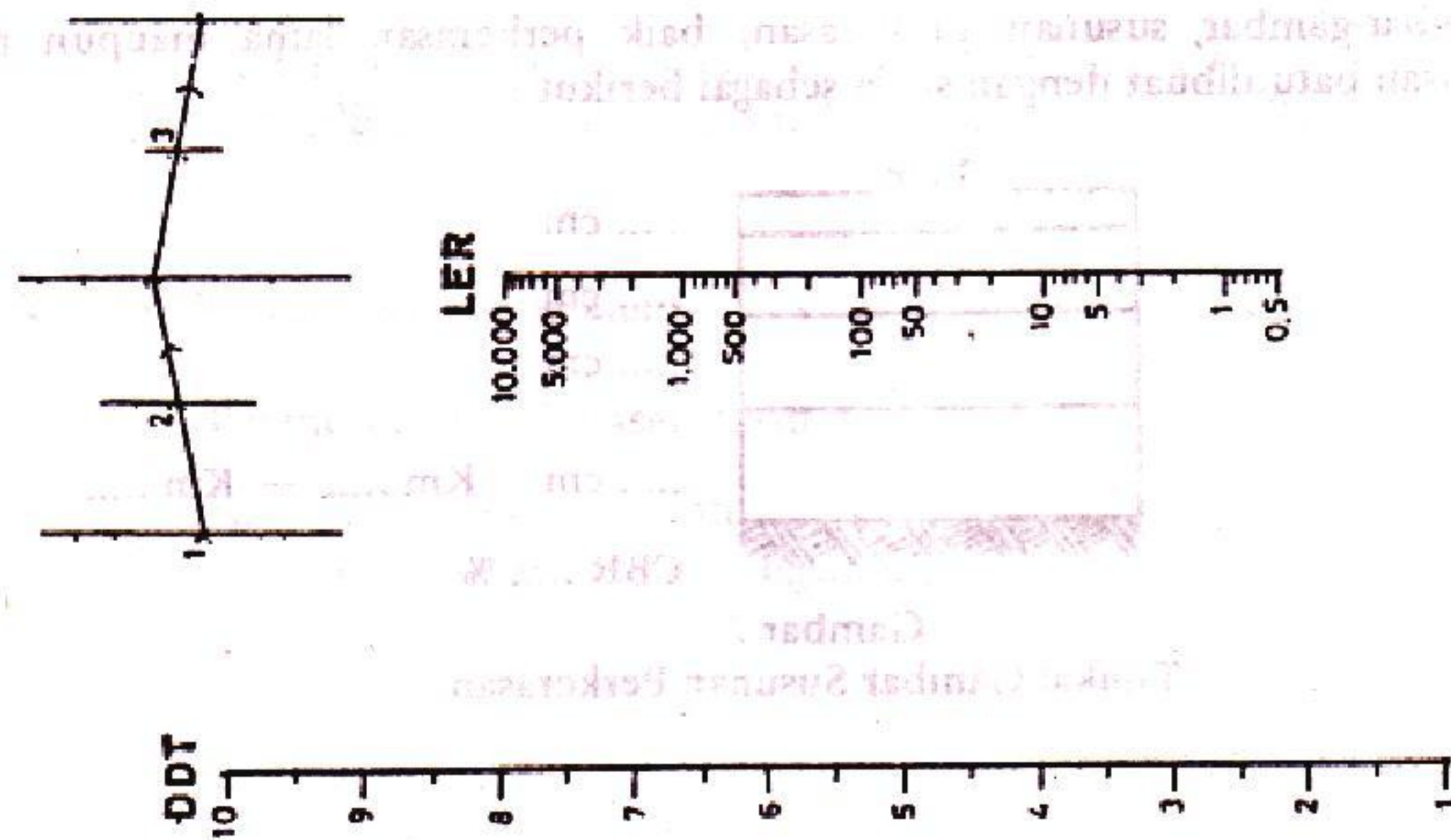
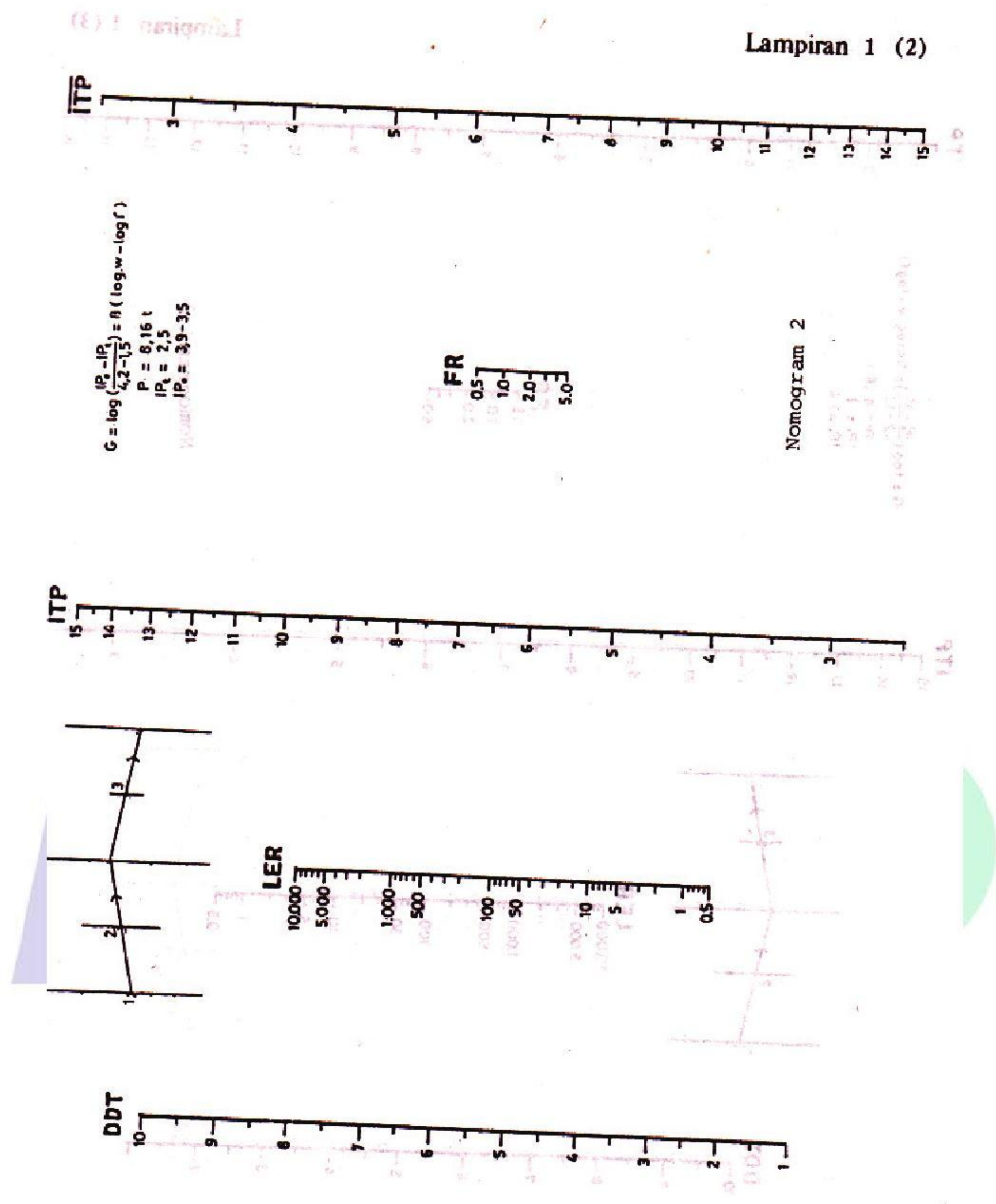
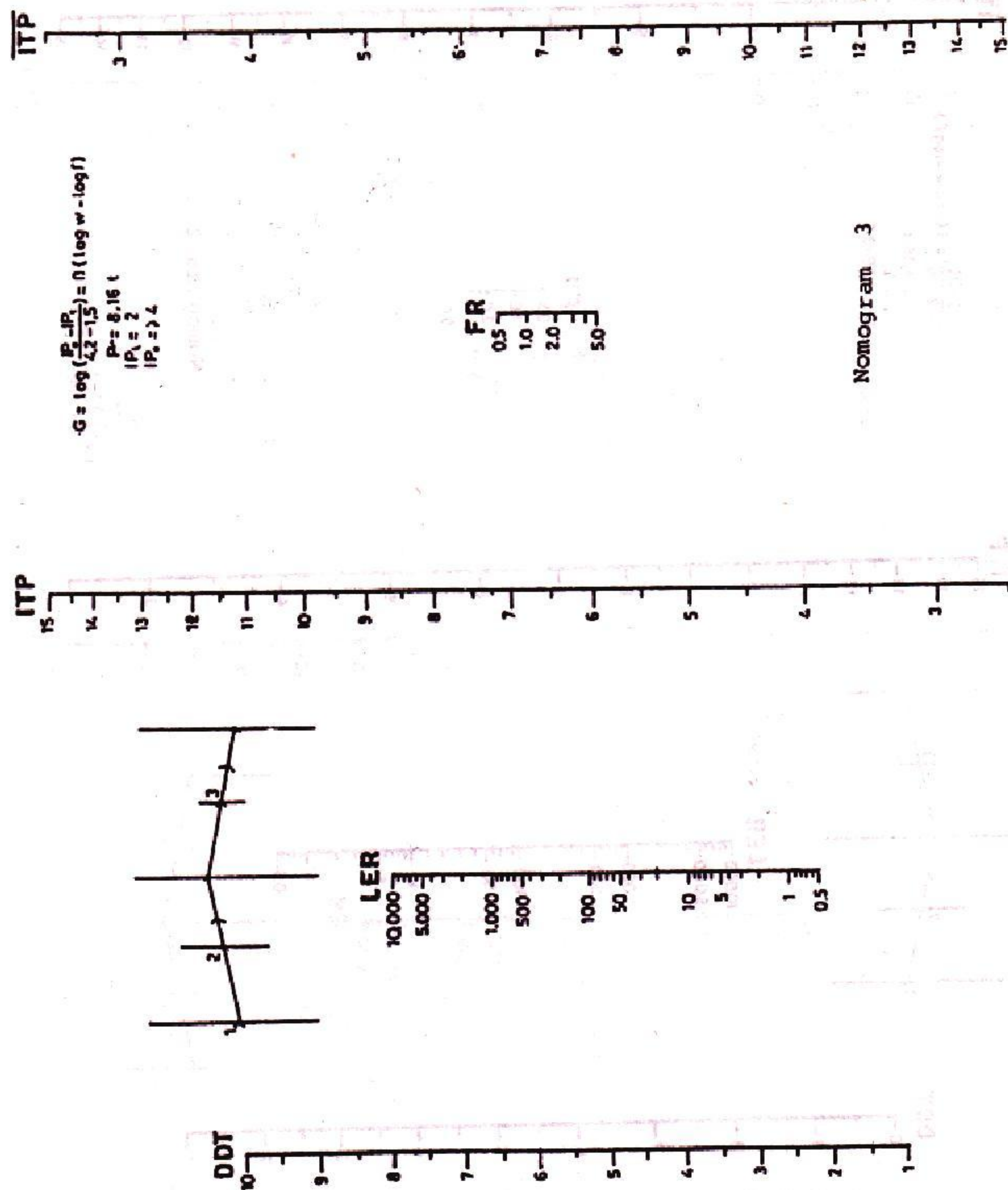
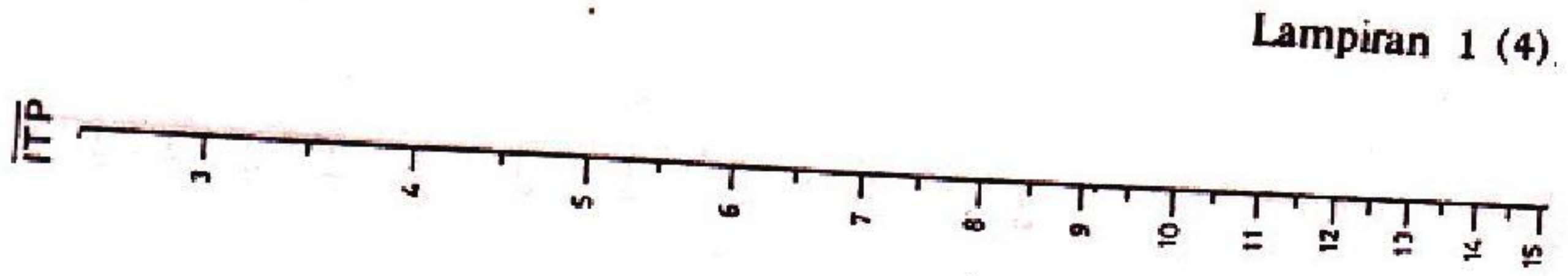
3.4 Hasil Evaluasi dan Kesimpulan.

Hasil dari penetapan ini dapat dibuat tabel-tabel yang sesuai dengan ruas jalan, segmen tiap seksi jalan yang berisi data-data dan tebal perkerasan masing-masing.

3.5 Peta-peta Ruas Jalan.

Hasil dari 3.1. dapat pula dicantumkan pada peta ruas jalan dengan keterangan-keterangan lain yang lengkap menunjukan tebal perkerasan tiap segmen dari ruas jalan.

3.6 Gambar-gambar Teknis.

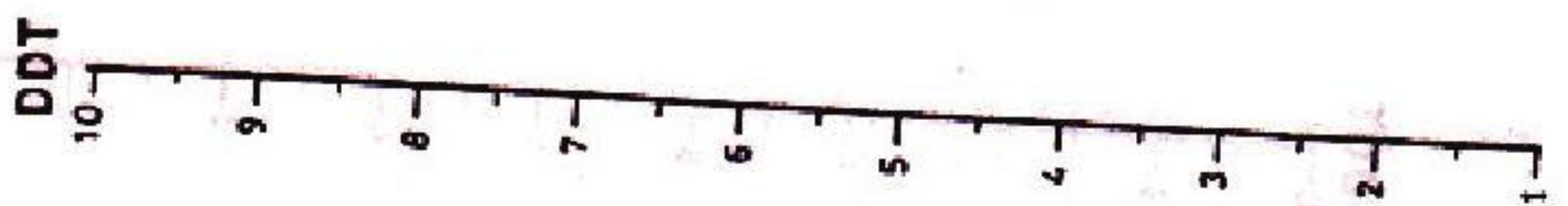
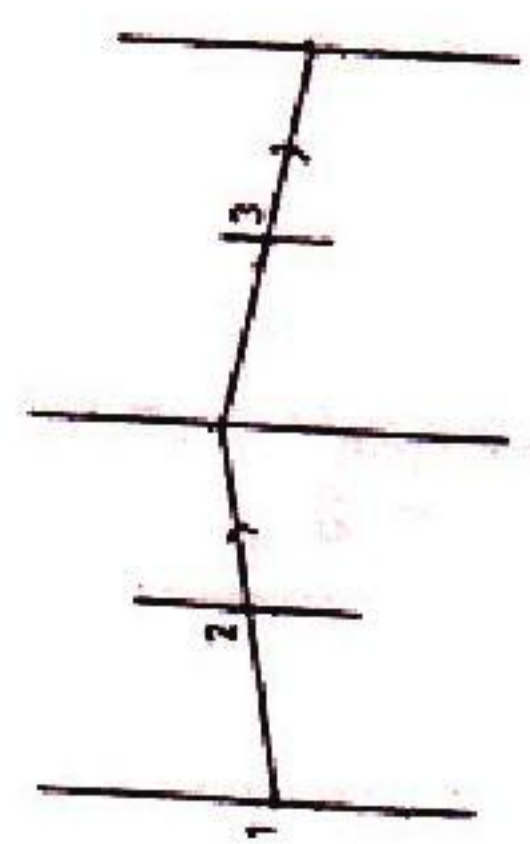
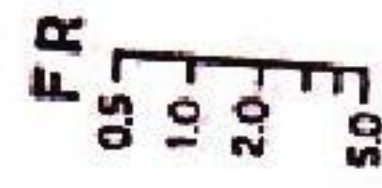
Gambar-gambar susunan perkerasan, baik perkerasan lama maupun perkerasan batu dibuat dengan skala sebagai berikut :

Gambar 2
Tipikal Gambar Susunan Perkerasan

Lampiran 1 (1)

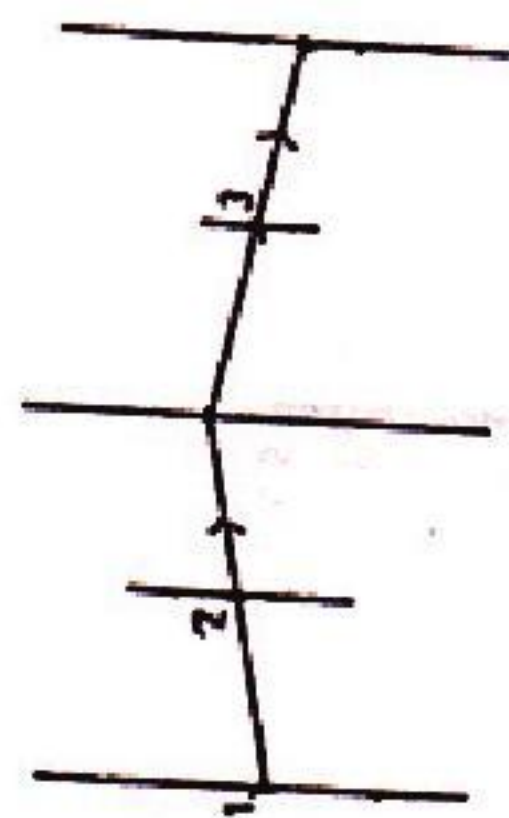
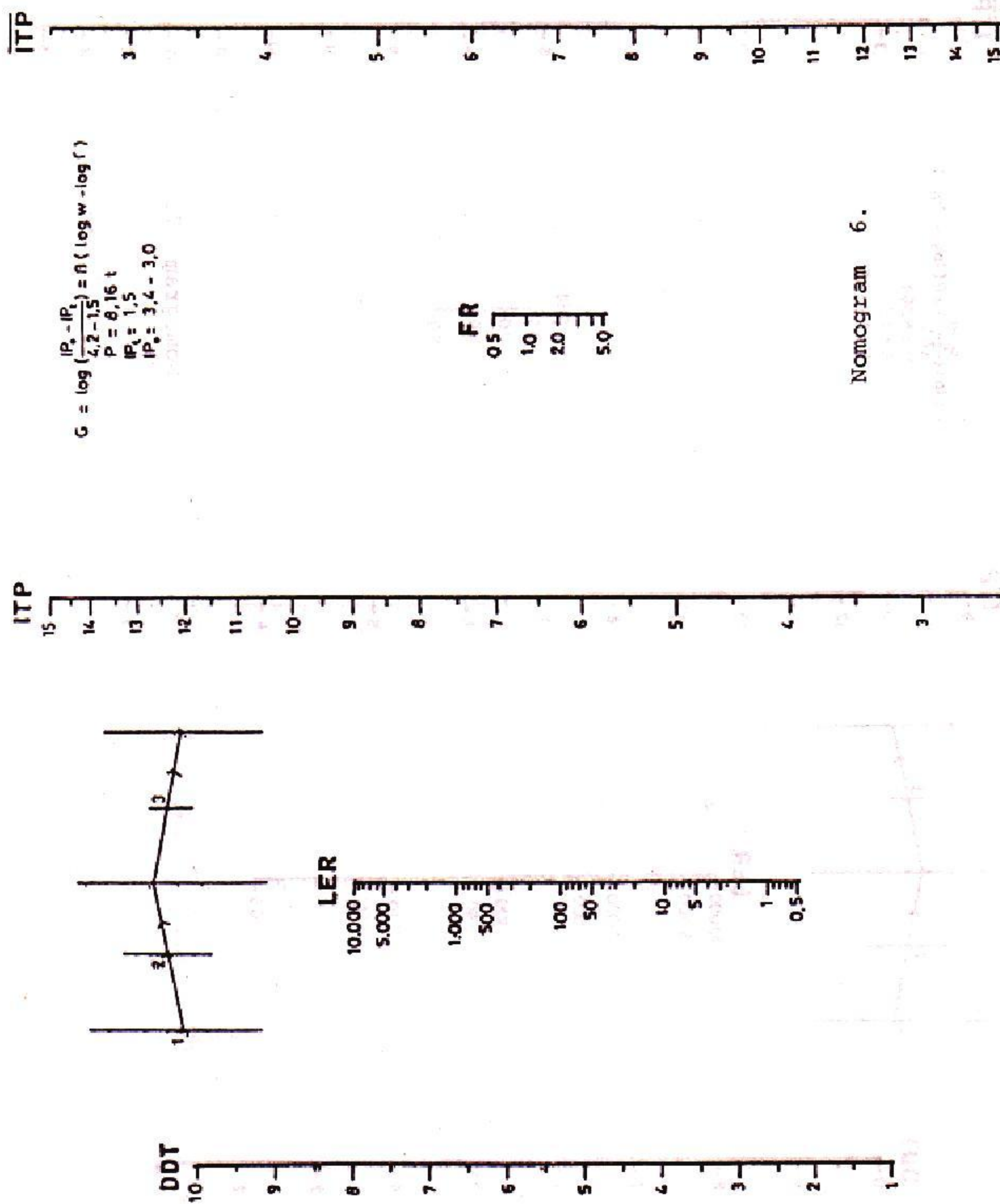
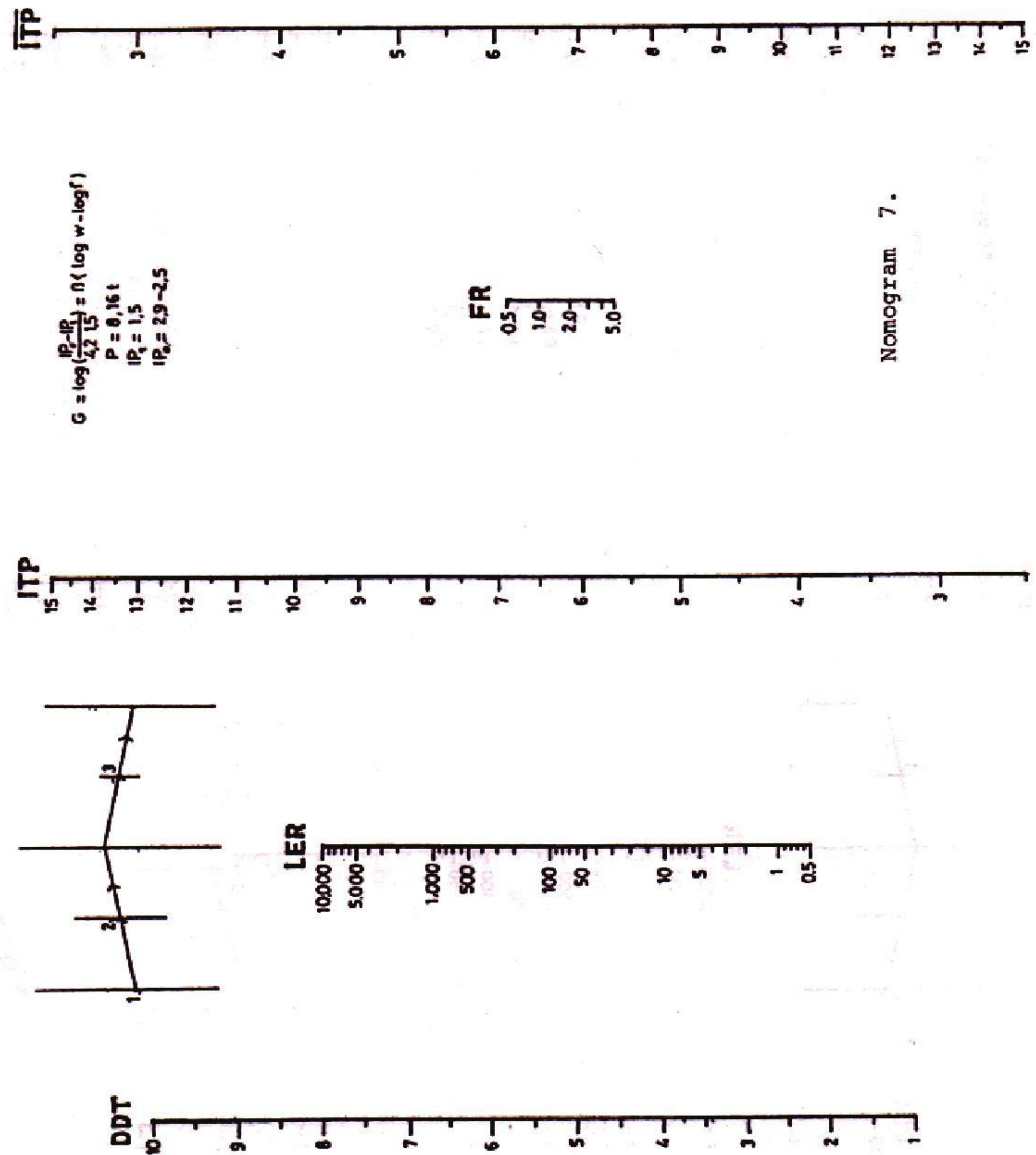
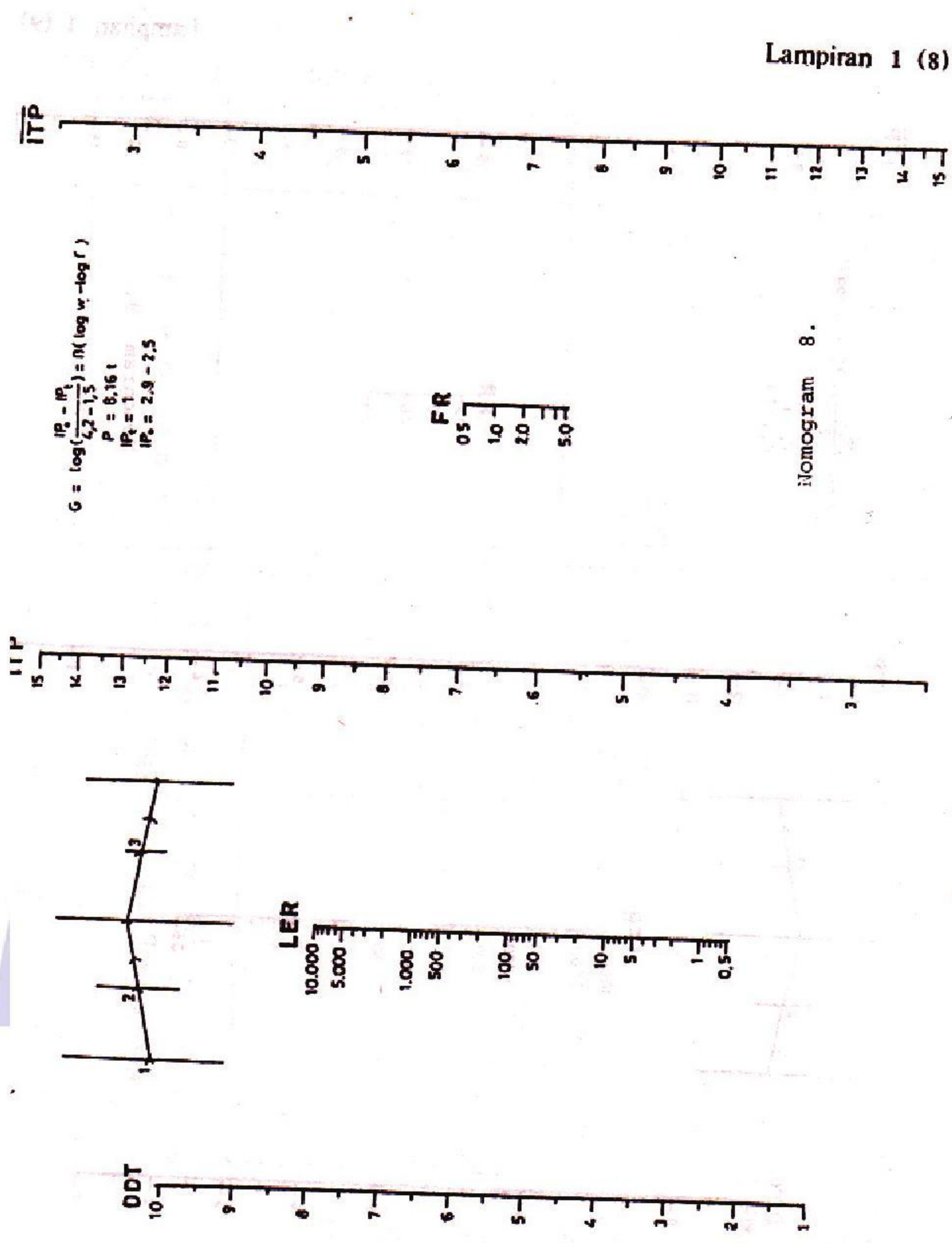
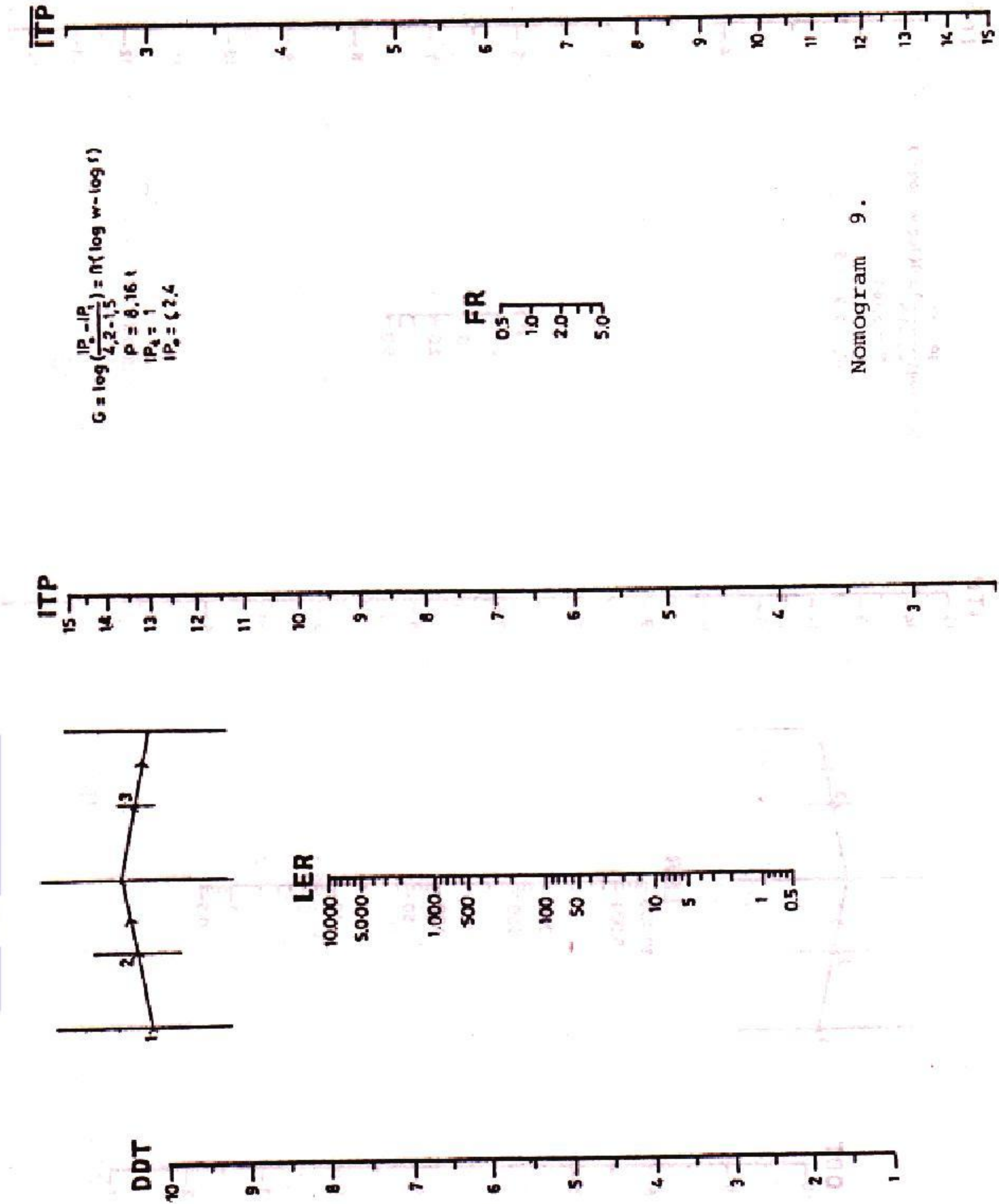
Lampiran 1 (2)
ITP
FR
Nomogram 2
LER
DDT

Lampiran 1 (3)

ITP
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
Nomogram 3
FR
0.5 1.0 2.0 5.0
ITP
15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3
LER
10.000 5.000 1.000 500 100 50 10 5 1 0.5
DDT
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Lampiran 1 (4).
ITP
FR
Nomogram 4.
LER
DDT

Lampiran 1 (5)
ITP
FR
0.5
1.0
2.0
5.0
LER
10.000
5.000
1.000
500
100
50
10
5
1
0,5
DDT
Nomogram 5.

Lampiran 1 (6)

Lampiran 1 (7)
ITP
ITP
FR
LER
DDT
Nomogram 7.

Lampiran 1 (8)
ITP
FR
LER
DDT
Nomogram 8.

Lampiran 1 (9)

Lampiran 2

Diketahui : Harga CBR = 3; 4; 3; 6; 6; 5; 11; 10; 6; 6; dan 4.

CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar
3	11	11/11 x 100% = 100%
3	—	—
4	9	9/11 x 100% = 81,8%
4	—	—
5	7	7/11 x 100% = 63,6%
6	6	6/11 x 100% = 54,4%
6	—	—
6	—	—
6	—	—
10	2	2/11 x 100% = 18,2%
11	1	1/11 x 100% = 9,0%

Contoh Penentuan harga CBR yang mewakili

Lampiran 3 (1)

Contoh Perencanaan Perkerasan Jalan Baru.

A. LALU LINTAS RENDAH.

1. Rencanakan :
   Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti di bawah ini, dan umur rencana : a). 5 tahun ; b). 10 tahun.
   Jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan = 5% per tahun) FR = 1,0 dan CBR tanah dasar = 3,4%.

2. Data-data :
   Kendaraan ringan 2 ton . . . . 90 kendaraan
   Bus 8 ton . . . . 3 kendaraan
   Truk 2 as 10 ton . . . . 2 kendaraan

   LHR 1981 = 95 kendaraan/hari/2 jurusan.

   Perkembangan lalu lintas (i) : . . . . untuk 5 tahun = 8%
   untuk 10 tahun = 6%

   Bahan-bahan perkerasan :
   - pelaburan (lapis pelindung), Lapen Mekanis.
   - batu pecah (CBR 50)
   - tanah kepasiran (CBR 20)

3. Penyelesaian :
   LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan rumus : $(1+i)^n$
   Kendaraan 2 ton . . . . 109,4 kendaraan
   Bus 8 ton . . . . 3,6 kendaraan
   Truk 2 as 10 ton . . . . 2,4 kendaraan

   LHR pada tahun ke 5 atau ke 10 (akhir umur rencana) :
   Rumus $(1 + i)^n$

	5 tahun	10 tahun
Kendaraan ringan 2 ton	160,7 kend	195,9 kend.
Bus 8 ton	5,3 kend	6,4 kend.
Truk 2 as 10 ton	3,5 kend	4,3 kend.

   Menghitung angka Ekivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut :

Kendaraan ringan 2 ton . . . . 0,0002 + 0,0002 =0,0004
Bus 8 ton. . . . . 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as 10 ton . . . . .0,0577 + 0,2923 = 0,3500

Menghitung LEP

$$LEP = \sum_{j=1}^{n} LHR_j \times C_j \times E_j$$

Kendaraan ringan 2 ton . . . . .0,50 x 109,4 x 0,0004 = 0,022
Bus 8 ton . . . . 0,50 x 3,6 x 0,1593 = 0,287
Truk 2 as 10 ton . . . . 0,50 x 2,4 x 0,3500 = 0,420

LEP = 0,729

Menghitung LEA.

– 5 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton . . . . . . .0,50 x 160,7 x 0,0004 = 0,032
Bus 8 ton . . . . 0,50 x 5,3 x 0,1593 = 0,422
Truk 2 as 10 ton . . . . 0,50 x 3,5 x 0,3500 = 0,612

LEA_5 = 1,066

– 10 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton . . . . . . .0,50 x 195,9 x 0,0004 = 0,039
Bus 8 ton . . . . 0,50 x 6,4 x 0,1593 = 0,510
Truk 2 as 10 ton . . . . 0,50 x 4,3 x 0,3500 = 0,752

LEA_{10} = 1,301

Menghitung LET :

$LET_5 = ½ (LEP + LEA_5)$ . . . . ½(0,729 + 1,066) = 0,90
$LET_{10} = ½ (LEP + LEA_{10})$ . . . . ½(0,729 + 1,301) = 1,01

Menghitung LER :

$LER_5 = LET_5 \times UR/10$ . . . . .0,90 x 5/10 = 0,45
$LER_{10} = LET_{10} \times UR/10$ . . . . 1,01 x 10/10 = 1,01

Mencari ITP :

CBR tanah dasar = 3,4% ; DDT = 4 ; IP = 1,5 ; FR = 1,0
LER_5 = 0,45 . . . . ITP_5 = 2,8 (IPo = 2,9 – 2,5)
LER_{10} = 1,01 . . . . ITP_{10} = 3,2 (IPo = 3,4 – 3,0)

Lampiran 3 (3)

Menetapkan tebal perkerasan :

– Koefisien kekuatan relatip :

o Pelaburan = 0,00 = a_l Lapen mekanis = 0,25 = a_l

o Batu pecah (CBR 50) = 0,12 = a_2

o Tanah kepasiran (CBR 20) = 0,10 = a_3

$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

UR = 5 tahun

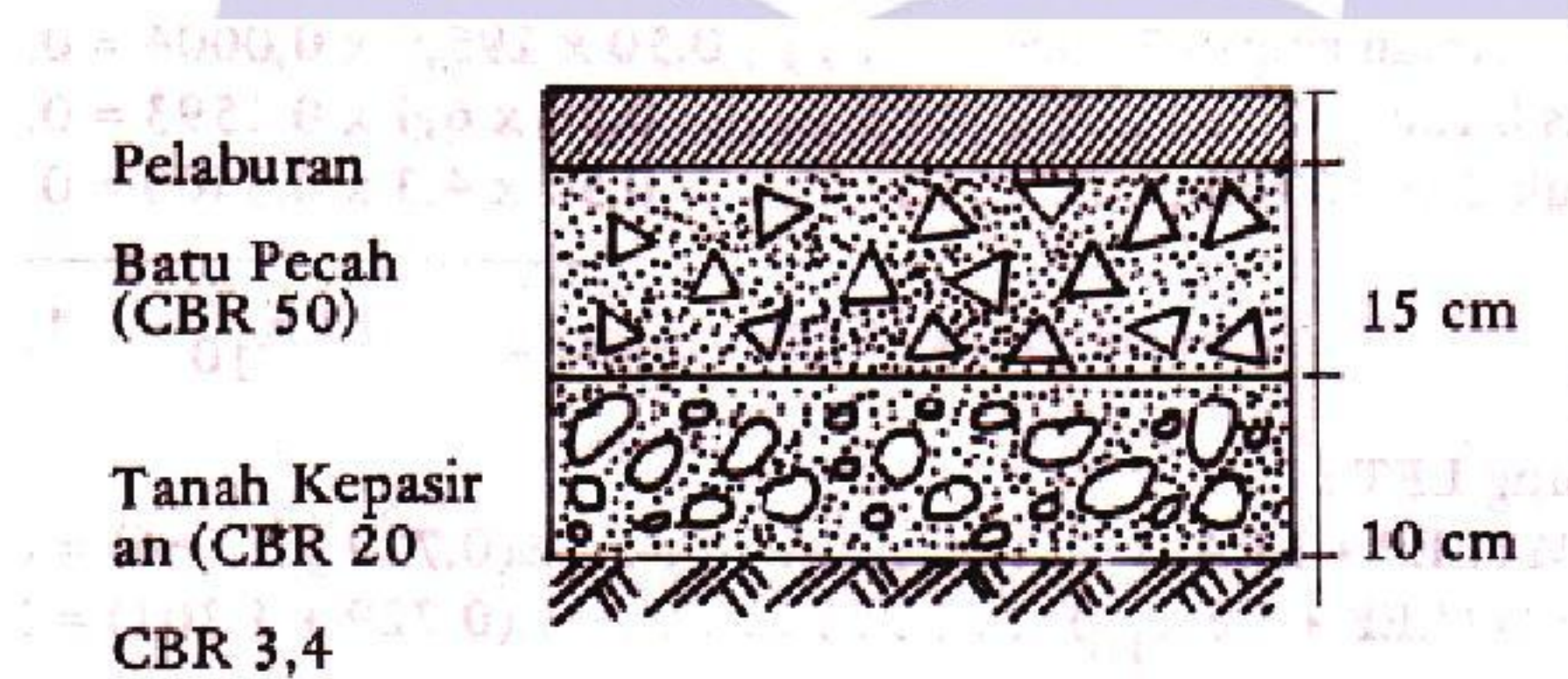
2,8 = 0,12 D_2 + 0,10 D_3

Batas minimum tebal lapisan untuk ITP = 2,8 : Batu pecah (CBR 50) = 15 cm,

Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm.

2,8=0,12D +0,10.10 = 0,12 D_2 + 1 D_2 = 15 cm (minimum).

Susunan Perkerasan :

- o Pelaburan
- o Batu pecah (CBR 50) = 15 cm.
- o Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm

Gambar Susunan Perkerasan

– UR = 10 tahun 3,2 = 0,25 DI + 0,12 D_2 + 0,10 D_3

Batas minimum tebal lapisan untuk ITP = 3,2 Lapen mekanis = 5 cm; Batu pecah (CBR 20) = 15 cm

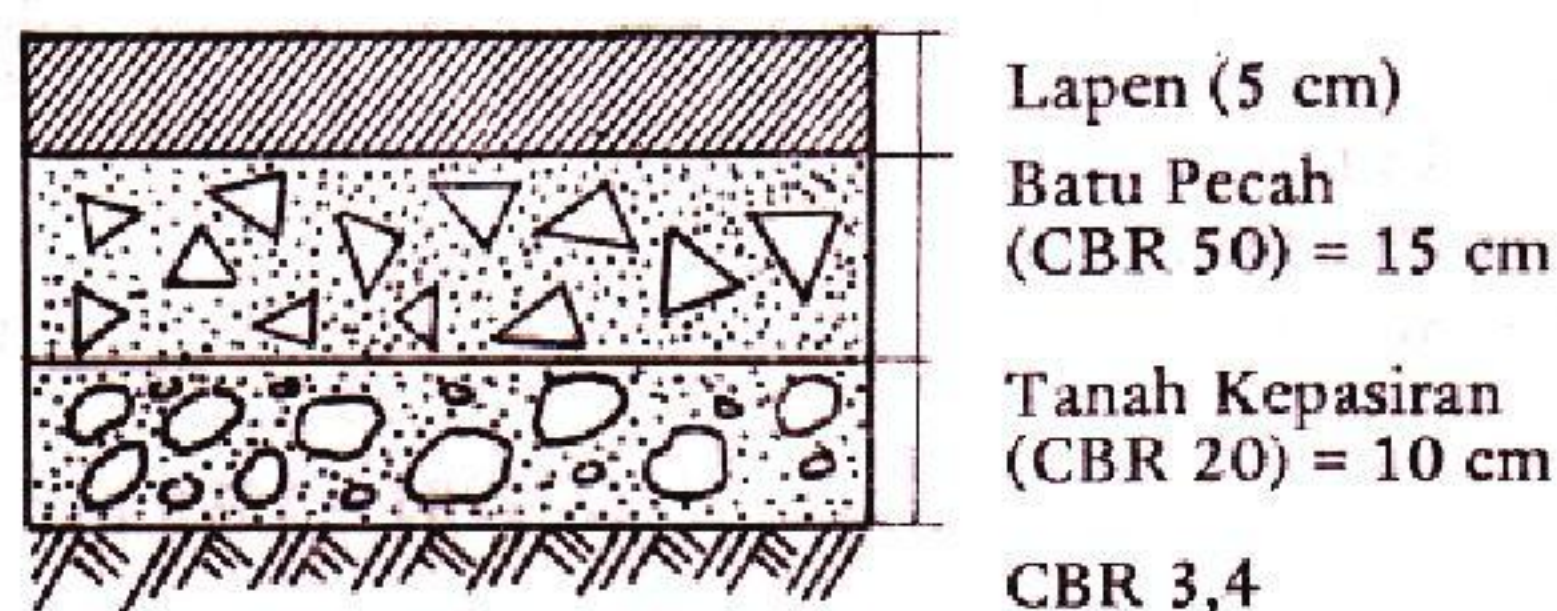
Lampiran 3 ([4])

Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm

$3{,}2 = 0{,}25.\ 5 + 0{,}12.\ 15 + 0{,}10.\ D_3 = 3{,}05 + 0{,}10\ D_3$

$D_3 = 1{,}5$ cm —) diambil 10 cm (minimum)

Susunan Perkerasan :

- o Lapen mekanis 5 cm
- o Batu pecah (CBR 50) = 15 cm
- o Tanah kepasiran (CBR 20) = 10 cm

Gambar Susunan Perkerasan

Lampiran 4 (1)

B. LALU LINTAS TINGGI

1. Rencanakan

Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti di bawah ini, dan umur rencana : a). 10 tahun ; b). 20 tahun. Jika dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan , 5% per tahun).

2. Data-data :

Kendaraan ringan 2 ton .... 1000 kendaraan
Bus 8 ton .... 300 kendaraan
Truk 2 as 13 ton .... 50 kendaraan
Truk 3 as 20 ton .... 30 kendaraan
Truk 5 as 30 ton .... 10 kendaraan
-------------------LHR 1981 = 1390 Kend/hari/2 jalur

Perkembangan lalu lintas (i) = ... untuk 10 tahun = 8%
untuk 20 tahun = 6%

Bahan-bahan perkerasan :

Asbuton (MS 744)	$a_1 = 0{,}35$
Batu pecah (CBR 100)	$a_2 = 0{,}14$
Sirtu (CBR 50)	$a_3 = 0{,}12$

3. Penyelesaian : LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana) dengan rumus $(1+i)^n$

Kendaraan ringan 2 ton .... 1215,5 kendaraan
Bus 8 ton .... 364,7 kendaraan
Truk 2 as 13 ton .... 60,8 kendaraan
Truk 3 as 20 ton .... 36,5 kendaraan

Truk 5 as 30 ton ....12,2 kendaraan

LHR pada tahun ke 10 atau ke 20 (akhir umur rencana), rumus $(1+i)^n$	10 tahun	20 tahun
Kendaraan ringan 2 ton	2624,2 kendaraan	3898,3 kendaraan
Bus 8 ton	787,4 kendaraan	1169,6 kendaraan
Truk 2 as 13 ton	131,3 kendaraan	195,0 kendaraan
Truk 3 as 20 ton	78,8 kendaraan	117,1 kendaraan
Truk 5 as 30 ton	26,3 kendaraan	39,1 kendaraan

Lampiran 4 (2)

Setelah dihitung angka ekivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut:

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Bus 8 ton........................ 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as 13 ton.................... 0,1410 + 0,9238 = 1,0648
Truk 3 as 20 ton.................... 0,2923 + 0,7452 = 1,0375
Truk 5 as 30 ton................ 1,0375 + 2 (0,1410) = 1,3195

Menghitung LEP :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1215,5 x 0,0004 = 0,243
Bus 8 ton .... 0,50 x 364,7 x 0,1593 = 29,046
Truk 2 as 13 ton................ 0,50 x 60,8 x 1,0648 = 32,370
Truk 3 as 20 ton................ 0,50 x 36,5 x 1,0375 = 18,934
Truk 5 as 30 ton................ 0,50 x 12,2 x 1,3195 = 8,048

LEP = 88,643

Menghitung LEA

– 10 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 2524,2 x 0,0004 = 0,525
Bus 8 ton .... 0,50 x 787,4 x 0,1593 = 62,717
Truk 2 as 13 ton................ 0,50 x 131,3 x 1,0648 = 69,904
Truk 3 as 20 ton................ 0,50 x 78,8 x 1,0375 = 40,878
Truk 5 as 30 ton................ 0,50 x 26,3 x 1,3195 = 17,350

LEA_{10} = 191,373

– 20 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 3898,3 x 0,0004 = 0,780
Bus 8 ton .... 0,50 x 1169,6 x 0,1593 = 93,159
Truk 2 as 13 ton.............. 0,50 x 131,3 x 1,0648 = 103,818
Truk 3 as 20 ton................ 0,50 x 117,1 x 1,0375 = 60,746
Truk 5 as 30 ton................ 0,50 x 39,1 x 1,3195 = 25,794

LEA_{20} = 248,297

Menghitung LET :

LET_{10} = ½ (LEP + LEA_{10}) .... ½ (88,643 + 191,373) = 140
LET_{20} = ½ (LEP + LEA_{20}) .... ½ (88,643 + 248,297) = 186

Lampiran 4(3)

Menghitung LER :

$LER_{10} = LET_{10}$ x UR/10 . . . . 140 x 10/10 = 140

$LER_{20} = LET_{20}$ x UR/10 . . . . 186 x 20/10 = 372

Mencari ITP :

CBR tanah dasar = 3,4% ; DDT = 4 ; IP = 2,0 ; FR = 1,0

LER_{10} = 140 . . . . ITP_{10} = 7,7 (IPo = 3,9 – 3,5)

LER_{20} = 372 . . . . ITP_{20} = 8,8 (IPo = 3,9 – 3,5)

Menetapkan Tebal Perkerasan :

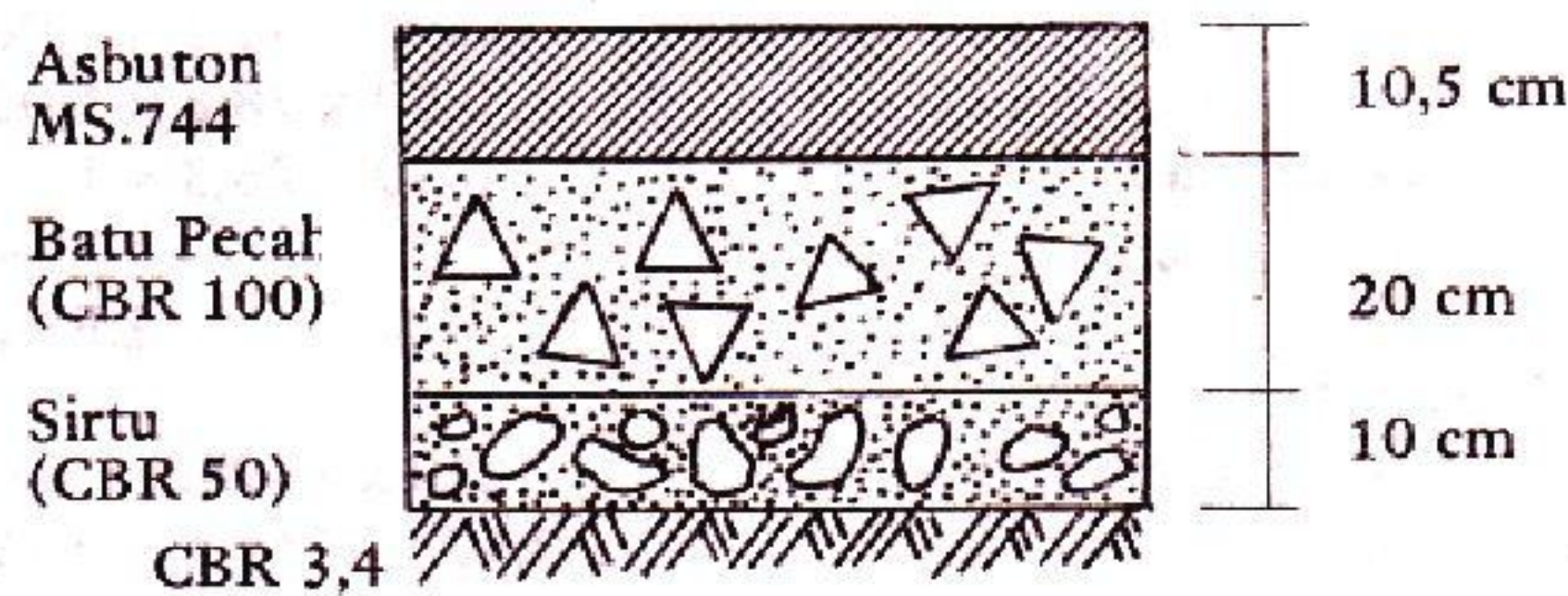
– UR = 10 tahun.

$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

$7{,}7 = 0{,}35\ D_1 + 0{,}14\ .\ 20 + 0{,}12\ .\ 10\ =\ 0{,}35\ D_1 + 4$

$D_1 = 10{,}5$ cm.

– Susunan Perkerasan :

- o Asbuton (MS 744) = 10,5 cm
- o Batu pecah (CBR 100) = 20 cm
- o Sirtu (CBR 50) = 10 cm

Gambar Susunan Perkerasan

– UR = 20 tahun.

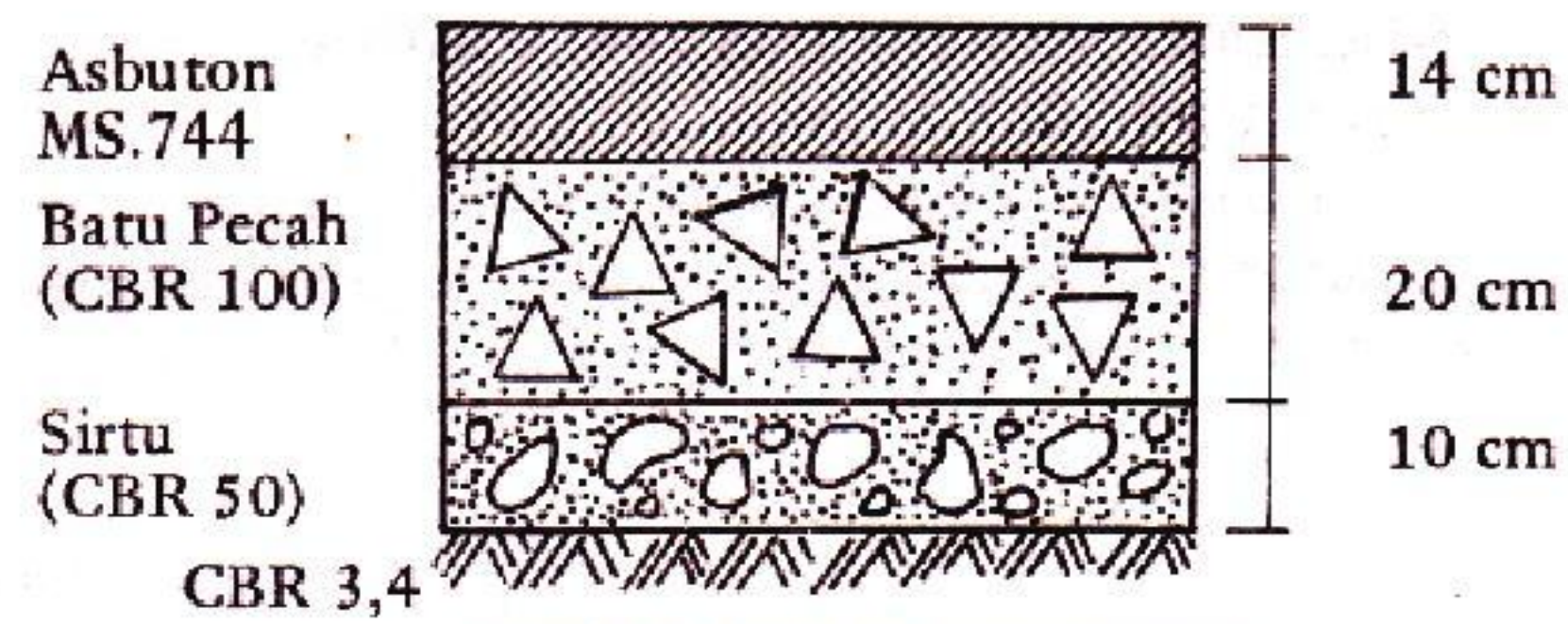
$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

$8{,}8 = 0{,}35\ D_1 + 0{,}14\ .\ 20 + 0{,}12\ .\ 10\ =\ 0{,}35\ D_1 + 4$

$D_1 = 13{,}7 \approx 14$ cm.

Lampiran 4 (4)

– Susunan Perkerasan :

- o Asbuton (MS 744) = 14 cm
- o Batu pecah (CBR 100) = 20 cm
- o Sirtu (CBR 50) = 10 cm

Gambar Susunan Perkerasan

Lampiran 5 (1)

Perencanaan Perkuatan Jalan Lama (Pelapisan Tambahan / Overlay)

1. Rencanakan :

Tebal lapis tambahan jalan lama 2 jalur, data lalu lintas tahun 1990 seperti di bawah ini, dan umur rencana : a). 5 tahun ; b). 15 tahun.

Susunan perkerasan jalar lama : Asbuton (MS.744) = 10,5 cm ; Saul pecah (CBR 100) = 20 cm ; Sirtu (CBR 50) = 10 cm.

Hasil penilaian kondisi jalan menunjukkan bahwa pada lapis permukaan asbuton terlihat crack sedang, beberapa deformasi pada jalur *roda* (kondisi 60%) akibat jumlah lalu lintas meiebihi perkiraan semula. FR = ,0.

2. Data-data :

Kendaraan ringan .... 2000 kendaraan
Bus 8 ton .... 600 kendaraan
Truk 2 as 13 ton .... 100 kendaraan
Truk 3 as 20 ton .... 60 kendaraan
Truk 5 as 30 ton .... 20 kendaraan

LHR 1990 = 2690 kend./hari/2 jurusan

Perkembangan lalu lintas (i) _ .... untuk 5 tahun = 8%
untuk 15 tahun _= 6% Bahan lapis tambahan asbuton (MS.744).

3. Penyelesaian :

LHR pada tahun ke 5 atau ke 15 (akhir umur rencana) rumus : $(1 + i)^n$ 5 tahun 15 tahun

	5 tahun	15 tahun
Kendaraan ringan 2 ton	2938,6 kendaraan	47931 kendaraan
Bus 8 ton	881,6 kendaraan	1437,9 kendaraan
Truk 2 as 13 ton	146,9 kendaraan	239,7 kendaraan
Truk 3 as 20 ton	88,2 kendaraan	143,8 kendaraan
Truk 5 as 30 ton	29,4 kendaraan	47,9 kendaraan

Setelah dihitung angka ekivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Bus 8 ton .... 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as 13 ton .... 0,1410 + 0,9238 = 1,0648

Lampiran 5 (2)

Truk 3 as 20 ton .... 0,2923 + 0,7452 = 1,0375

Truk 5 as 30 ton .... 1,0372 + 2(0,1410) = 1,3195

Menghitung LEP :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 2000 x 0,0004 = 0,400

Bus 8 ton .... 0,5Q x 600 x 0,1593 = 47,790

Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 100 x 1,0648 = 53,240

Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 60 x 1,0375 = 31,125

Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 20 x 1,3195 = 13, 194

LEP = 145,749

Menghitung LEA : — 5 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 2938,6 x 0,0004 = 0,588

Bus 8 ton .... 0,50 x 881,6 x 0,1593 = 70,219

Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 146,9 x 1,0648 = 78,210

Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 88,2 x 1,0375 = 45,754

Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 29,4 x 1,3195 = 19,395

LEA_5 = 214,166 -- 15 Tabun

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 4793,1 x 0,0004 = 0,959

Bus 8 ton .... 0.'50 x 1437,9 x 0,1593 = 114,529

Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 239,7 x 1,0648 = 127,616

Truk 3 as 20 ton ....0,50 x 143,P x 1,0375 = 74,596

Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 47,9 x 1,3195 = 31,600

LEA_{15} = 349,300

Menghitung LET .

LET_5 = ½ (LEP + LEA_5) .... (145,749 + 214,166) = 180

LET_{15} ='% (LEP +LE/1_{15}) .... (145,749 + 349,300) = 248

Menghitung LER :

LER_5 = LET_5 _ x UR/10 .... 180 x 5/10 = 90

LER15 = LET15 x UR/10 .... 248 x 15/10 = 372

Lampiran 5 (3)

Mencari ITP :

CBR tanah dasar 3,4% ; DDT = 4 ; IP = 2,0 ; FR = 1,0

LER_5 = 90 .... ITP_5 = 7,1 (IPo = 3,9 — 3,5)

LER_{15} = 372 .... ITP_{15} = 8,8 (IPo = 3,9 -3,5)

Menetapkan tebal lapis tambahan :

– Kekuatan jalan lama :

Asbuton (MS.744) 10,5 cm = *60%* . 10,5 . 0,35 = 2,2

Batu pecah (CBR 100) 20 cm = 100% . 20 . 0,14 = 2,8

Sirtu (CBR 50) 10 cm = 100%. 10 . 0,12 = 1,2

ITP ada = 6,2

- UR 5 tahun :

A ITP = ITP_5 — ITP = 7,1 — 6,2 = 0,9

0,9 = 0,35 . D_1 .... D_1 = 2,6;^ 3 cm Asbuton (MS.744)

- UR 15 tahun :

A ITP = ITP_{15} — ITP ada = 8,8 — 6,2 = 2,6

2,6 = 0,35 . D_1 .... D_1 = 7,4 t 7,5 cm Asbuton (MS.744)

Lampiran 6 (1) Perencanaan Konstruksi Bertahap.

1. Rencanakan:

Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 1981 seperti di bawah ini, dan umur rencana : a). 5 + 15 tahun ; b). 7 + 13 tahun. jalan dibuka tahun 1985 (i selama pelaksanaan = *5%* per tahun) FR = 1,0 CBR tanah dasar = 3,4%.

2. Data-data :

Kendaraan ringan 2 ton .... = 1000 kendaraan
Bus 8 ton .... = 300 kendaraan
Truk 2 as 13 ton .... = 50 kendaraan
Truk 3 as 20 ton .... = 30 kendaraan
Truk 5 as 30 ton .... = 10 kendaraan

LHR 1981 = 1390 kend./hari/2 jurs.
Perkembangan lalu lintas (i) = 5%. Bahan-bahan perkerasan :

Asbuton (MS.744)	$a_1 = 0,35$
Batu pecah (CBR 100)	$a_2 = 0,14$
Sirtu (CBR 50)	$a_3 = 0,12$

3. Penyelesaian :

LHR pada tahun 1985 (awal umur rencana), dengan rumus $(1 + i)^n$

Kendaraan ringan 2 ton .... 1215,5 kendaraan
Bus 8 ton .... 364,7 kendaraan
Truk 2 as 13 ton .... 60,8 kendaraan
Truk 3 as 20 ton .... 36,5 kendaraan
Truk 5 as 30 ton .... 12,2 kendaraan

LHR pada tahun ke 5, 7, 20 (akhir pentahapan), rumus $(1 + i)^n$

5 tahun		7 tahun	20 tahun
Kendaraan ringan 2 ton	1626,6	1827,7	3898,3 kend.
Bus 8 ton	488,0	548,4	1169,6 kend.
Truk 2 as 13 ton	81,4	91,4	195,0 kend.
Truk 3 as 20 ton	48,8	54,9	117,1 kend.
Truk 5 as 30 ton	16,3	18,3	39,1 kend.

Lampiran 6 (2)

Setelah dihitung angka Ekivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Bus 8 ton .... 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as 13 ton .... 0,1410 + 0,9238 = 1,0648
Truk 3 as 20 ton .... 0,2923 + 0,7452 = 1,0375
Truk 5 as 30 ton .... 1,0375 + 2(0,1410) = 1,3195

Menghitung LEP :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1215,5 x 0,0004 = 0,243
Bus 8 ton .... 0,50 x 364,7 x 0,1593 = 29,046
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 60,8 x 1,0648 = 32,370
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 36,5 x 1,0375 = 18,934
Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 12,2 x 1,3195 = 8,048

LEP = 88,643

Menghitung LEA :

– 5 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1626,6 x 0,0004 = 0,325
Bus 8 ton .... 0,50 x 488 x 0,1593 = 38,869
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 81,4 x 1,0648 = 43,337
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 48,8 x 1,0375 = 25,315
Truk 5 as 30 ton .... o,50 x 16,3 x 1,3195 = 10,754

LEA_5 = 118,600

– 7 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1827,7 x 0,0004 = 0,366
Bus 8 ton...................... 0,50 x 548,4 x 0,1593 = 43,680
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 91,4 x 1,0648 = 48,661
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 54,9 x 1,0375 = 28,479
Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 18,3 x 1,3195 = 12,073

LEA_7 = 133,258

– 20 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 3898,3 x 0,0004 = 0,780
Bus 8 ton .... 0,50 x 1169,6 x 0,1593 = 93,159
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 195,0 x 1,0648 = 103, 818

Lampiran 6 (2)

Setelah dihitung angka Ekivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,0002 + 0,0002 = 0,0004
Bus 8 ton .... 0,0183 + 0,1410 = 0,1593
Truk 2 as 13 ton .... 0,1410 + 0,9238 = 1,0648
Truk 3 as 20 ton .... 0,2923 + 0,7452 = 1,0375
Truk 5 as 30 ton .... 1,0375 + 2(0,1410) = 1,3195

Menghitung LEP :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1215,5 x 0,0004 = 0,243
Bus 8 ton .... 0,50 x 364,7 x 0,1593 = 29,046
Truk 2 as 13 ton ....0,50 x 60,8 x 1,0648 = 32,370
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 36,5 x 1,0375 = 18,934
Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 12,2 x 1,3195 = 8,048

LEP = 88,643

Menghitung LEA :

— 5 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1626,6 x 0,0004 = 0,325
Bus 8 ton .... 0,50 x 488 x 0,1593 = 38,869
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 81,4 x 1,0648 = 43,337
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 48,8 x 1,0375 = 25,315
Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 16,3 x 1,3195 = 10,754

LEA_5 = 118,600

— 7 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 1827,7 x 0,0004 = 0,366
Bus 8 ton....................... 0,50 x 548,4 x 0,1593 = 43,680
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 91,4 x 1,0648 = 48,661
Truk 3 as 20 ton .... 0,50 x 54,9 x 1,0375 = 28,479
Truk 5 as 30 ton .... 0,50 x 18,3 x 1,3195 = 12,073

LEA_7 = 133,258

— 20 tahun :

Kendaraan ringan 2 ton .... 0,50 x 3898,3 x 0,0004 = 0,780
Bus 8 ton .... 0,50 x 1169,6 x 0,1593 = 93,159
Truk 2 as 13 ton .... 0,50 x 195,0 x 1,0648 = 103, 818

Lampiran 6 (3)

Truk 3 as 20 ton . . . . 0,50 x 117,1 x 1,0375 = 60,746
Truk 5 as 30 ton . . . . 0,50 x 39,1 x 1,3195 = 25,794

LEA_{20} = 248,297

Menghitung LET :

LET_5 = ½ (LEP + LEA_5) . . . . ½ (88,643 + 118,600) = 104

LET_7 = ½ (LEP + LEA_7) . . . . ½ (88,643 + 133,253) = 110

LET_{15} = ½ (LEA_5 + LEA_{20}) . . . . ½ (118,600 + 248,297) = 183

LET_{13} = ½ (LEA_7 + LEA_{13}) . . . . ½ (133,258 + 248,297) = 191

Menghitung LER :

LER_5 = LET_5 x UR/10 . . . . 104 x 5/10 = 52   1,67 LET_5 = 87

LER_7 = LET_7 x UR/10 . . . . 110 x 7/10 = 77   1,67 LET_7 = 129

LER_{15} = LET_{15} x UR/10 . . . . 183 x 15/10 = 275   2,5 LER_{15} = 688

LER_{13} = LET_{13} x UR/10. . . . . 191 x 13/10 = 248   2,5 LER_{13} = 620

Mencari ITP :

CBR = 3,4 ; DDT = 4 ; IP = 2,0 ; FR = 1,0 ; IPo = 3,9—3,5

1,67 LET_5 = 87 . . . ITP_5 = 7,0   2,5 LER_{15} = 688 .... ITP_{5+15} = 9,7

1,67 LET_7 = 129 . . . ITP_7 = 7,5   2,5 LER_{13} = 620. . . . . ITP_{7+13} = 9,6

Menetapkan Tebal Perkerasan :

— UR = (5 + 15) tahun

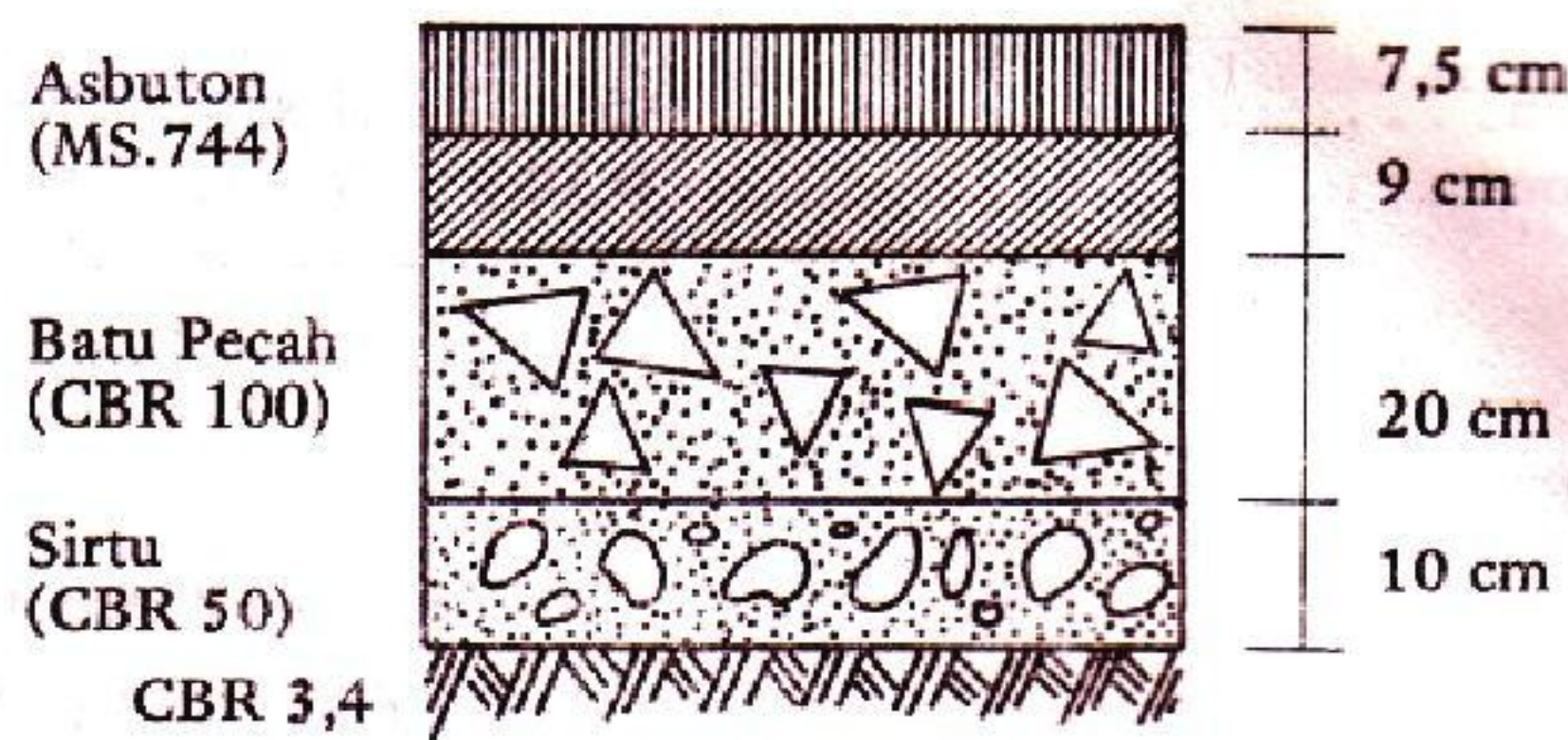
$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

$9,7 = 0,35 \cdot D_1 + 0,14 \cdot 20 + 0,12 \cdot 10 = 0,35 \cdot D_1 + 4$

$D_1 = 16,3 \approx 16,5$ cm.

— Susunan Perkerasan :

- o Asbuton (MS.744) = 9 cm + 7,5 cm
- o Batu pecah (CBR 100) = 20 cm
- o Sirtu (CBR 50) = 10 cm

Lampiran 6 (4)

Gambar Susunan Perkerasan

– UR = (7 + 13) tahun

$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$

$9{,}6 = 0{,}35 \,.\, D_1 + 0{,}14 \,.\, 20 + 0{,}12 \,.\, 10 = 0{,}35 \,.\, D_1 + 4$

$D_1 = 16$ cm

$7{,}5 = 0{,}35 \,.\, D_1 + 0{,}14 \,.\, 20 + 0{,}12 \,.\, 10 = 0{,}35 \,.\, D_1 + 4$

$D_1 = 10$ cm

– Susunan Perkerasan :

- o Asbuton (MS.744) = 10 cm + 6 cm
- o Batu pecah (CBR 100) = 20 cm
- o Sirtu (CBR 50) = 10 cm

Gambar Susunan Perkerasan